



دراسة عملية لبعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لخليط بوليمري ثنائي من (راتنج الايبوكسي- بولي يوريثان)

عدنان رعد احمد¹ سيف صباح ارحيم² مؤيد فائق عبد المجيد³

¹ قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق.

amazon9797@yahoo.com

² قسم الميكانيك، كلية الهندسة، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق.

saiof11@tu.edu.iq

³ قسم العلوم التطبيقية، فرع علم المواد، الجامعة التكنولوجية، بغداد، العراق.

moaedfaik@yahoo.com

(Received 09 October 2016, Accepted 22 February 2017, Available online 30 June 2017)

الخلاصة

تهدف الدراسة إلى تحضير خليط بوليمري ثنائي من راتنج الايبوكسي (Epoxy Resin) ومطاط البولي يوريثان (Polyurethane Rubber) السائل باستخدام طريقة الخلط الاعتيادي ومن ثم دراسة الخصائص الميكانيكية المتمثلة بالصلادة، مقاومة الشد، مقاومة الانضغاط، مقاومة الانحناء وأخيراً مقاومة الصدمة، وكذلك الخصائص الفيزيائية وهي امتصاصية الماء والموصلية الحرارية للخليط قبل وبعد الغمر بالماء المقطر لأزمنة مختلفة، حيث إن المادة الأساس التي تم استخدامها هي الايبوكسي (Epoxy) نوع (Quick Mast 105) مع مصلده (Hardener) بنسبة (1:3) أما المادة المضافة فقد تم استخدام مطاط البولي يوريثان (Polyurethane Rubber) السائل مع مصلده (Hardener) بنسبة خلط (1:3) أيضاً، وكانت نسبة الإضافة الوزنية لمطاط البولي يوريثان إلى الايبوكسي هي (15 % wt).

أظهرت نتائج البحث بوجود علاقة طردية بين كل من مقاومة الشد ومقاومة الصدمة والموصلية الحرارية مع زيادة زمن الغمر من (0 - 28) يوم إذ تزداد بنسبة 37.65% و 241.67% و 29.5% على التوالي، على عكس قيم الصلادة التي تنخفض بنسبة 7.35% بزيادة زمن الغمر. كما ترتفع مقاومة الانحناء بنسبة 125% عند زيادة زمن الغمر إلى 14 يوم ومن ثم تنخفض بعد ذلك بزيادة الزمن إلى 28 يوم. كما وجد بأن النسبة المئوية لامتصاصية الماء تزداد بزيادة زمن الغمر من (0 - 5) يوم حتى تصل إلى 1.65%. وقد وجد أيضاً بأن متانة الخليط الجاف هي أعلى من متانة الخليط المغمور بالماء المقطر.

الكلمات الدالة: خليط بوليمري، البولي يوريثان، زمن الغمر، الخصائص الميكانيكية، الخصائص الفيزيائية.

Experimental Study for Some of the Mechanical and Physical Properties for the Binary Polymer of (Epoxy resin - Polyurethane)

Abstract

This study aimed to prepare a mixture of binary polymer composed of Epoxy resin and Polyurethane Liquid Rubber, by ordinary mixing. Then, studying the mechanical properties which are hardness, tensile strength, compressive strength, flexural strength and finally impact strength and also studying physical properties which are water absorption and thermal conductivity for the mixture before and after submerging it with distilled water for different durations. The base material was the epoxy resin (Quick Mast 105), with a hardener ratio of (1:3), while the additive was the Polyurethane Liquid Rubber and a hardener ratio of (1:3), as well. Furthermore, the weight ratio of the Polyurethane Liquid Rubber to the epoxy was 15% wt.

The results showed that the tensile and impact strengths and thermal conductivity, are directly related with submerging duration from (0-28) day where it increase by 37.65%, 241.67%, 29.5% respectively, on the contrary to the hardness of the mixture, which decreases by 7.35% with the duration length. The bending strength increases by 125% with the increase of

the duration till it reaches a duration of 14 days, then it drops again with increase the duration of 28 days. It was found that the percentage of water absorption increased with increasing duration of immersion (0–5) day even up to 1.65%. It was also found that the toughness of the dry mixture is higher than the toughness of the mixture submerged with distilled water.

Keyword: Polymer mixture, Submerging time, Polyurethane, Mechanical Properties, Physical Properties.

المقدمة

يعتمد التطور الصناعي والحضاري وكذلك التكنولوجي على التقدم والتوسع في حقل المواد الهندسية بصورة كبيرة وخصوصاً المواد البوليمرية إذ يستخدم الإنسان هذه المواد في الكثير من التطبيقات الحياتية اليومية لم لها من مميزات وخصائص جيدة تجعلها من المواد التي لا يستغني عنها في الكثير من المجالات الصناعية مثل الطائرات والسفن والسيارات وغيرها [2,1].

تعد الخلطات البوليمرية (Polymer Blends) من المواد الهندسية المهمة والمستخدمة بشكل واسع في العديد من التطبيقات الصناعية والتكنولوجية الحديثة بسبب امتلاكها جملة من المميزات تؤهلها لتحل محل العديد من المواد الأخرى إذ تستخدم منذ القدم بسبب رخص ثمنها وسهولة تشكيلها لأشكال معقدة وكذلك إمكانية إعادة تدويرها والأهم من ذلك هو خفة وزنها ومقاومتها العالية للتآكل، إلا إنها تقتصر نسبياً إلى الجساءة والمتانة وخاصة للقوى الخارجية المسلطة وكذلك تحملها لدرجات الحرارة العالية [4,3,2]، ومع التطور الصناعي والتقدم التكنولوجي الكبير الذي شهده العالم في العقود الأخيرة وكتعويض عن مختلف المواد الهندسية الأخرى المستخدمة دُنب الباحثون على تطوير البوليمرات من أجل تحسين خواصها وتوسيع مدى استخداماتها في تطبيقات أكثر تعقيداً إذ أصبحت البوليمرات في الوقت الحاضر لها صفات مرغوب بها عن طريق خلطها مع بعضها البعض لتكوين ما يعرف بالخلطات البوليمرية وهي عبارة عن دمج نوعين أو أكثر من المواد البوليمرية فيزيائياً للحصول على خواص مشتركة للمكونات الأساسية وذلك بالاعتماد على نوعية البوليمر وكذلك أسلوب الخلط [5,4].

قام الباحث (Al-Rawi) وآخرون بدراسة الخصائص الميكانيكية لخليط بوليمري من (راتنج الايبوكسي – بولي يوريثان) وبتركيز مختلفة للبولي يوريثان وهي (20، 40، 60، 80) % ومن ثم تم معالجتها حرارياً بدرجة حرارة 75 درجة مئوية ولأزمان مختلفة وهي (3، 6، 9) ساعة وقد توصل الباحثون إلى أن ارتفاع مقاومة الصدمة أو انخفاضها يعتمد على تراكيز الخلطات البوليمرية والمعاملة الحرارية لبعض الخلطات وبدرجات متفاوتة [1].

درس الباحث (Jawad) مقاومة كل من الانضغاط والعزل الكهربائي لخليط بوليمري من (راتنج الايبوكسي – بولي يوريثان) المقواة بألياف الزجاج، إذ استخدم البول يوريثان بنسب (0، 12.5، 25، 37.5، 100) % وأثبتت الدراسة بأن مقاومة الانضغاط تزداد بزيادة نسب البول يوريثان على عكس مقاومة العزل الكهربائي الذي ينخفض بزيادة نسب البول يوريثان [6].

قام الباحث (مكي) وآخرون بدراسة تأثير التدعيم ودرجة الحرارة في مقاومة الصدمة لخليط بوليمري من (راتنج الايبوكسي – 10 % بولي يوريثان) المدعم بألياف (PVC) وألياف الألمنيوم (F.AI) على شكل حصىرة ثنائية الاتجاه وبنسب حجمية 15 %، إذ تمت الدراسة قبل وبعد التدعيم وبدرجات حرارية (20، 40، 60) درجة مئوية وقد أظهرت النتائج زيادة مقاومة الصدمة بإضافة مواد التدعيم وكذلك بزيادة درجات الحرارة ما عدا الخليط المدعم بألياف (PVC) فقد انخفضت مقاومة الصدمة بزيادة درجات الحرارة [4].

يهدف البحث الحالي إلى دراسة الخصائص الميكانيكية (مقاومة الشد، مقاومة الصدمة، مقاومة الانضغاط، مقاومة الانحناء، الصلابة) وكذلك الفيزيائية (الموصلية الحرارية، النسبة المئوية لامتصاصية الماء) لخليط بوليمري ثنائي من راتنج الايبوكسي (Epoxy Resin) نوع (Quick mast 105) مع (15% wt) من مطاط البولي يوريثان (Polyurethane Rubber) قبل وبعد الغمر بالماء المقطر لفترات زمنية مختلفة.

الجانب العملي

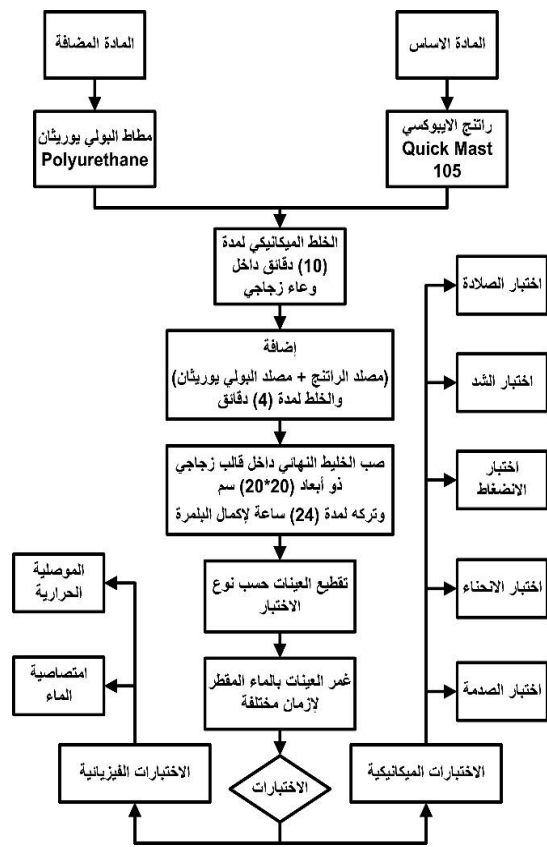
المواد المستخدمة في البحث

المادة الأساس

استخدم راتنج الايبوكسي كمادة أساس في هذا البحث وهو عبارة عن راتنج بكثافة (1.04g/cm^3) نوع (Quick Mast 105) ويكون بهيئة مادة سائلة شفافة اللون وهو ذو منشأ أردني وحاصل على امتياز من شركة (Fosroc)، إذ يتصف بخصائص متميزة عن باقي الأنواع مثل لزوجه المنخفضة وقابلية التصاقه العالية وكذلك معدل الزحف له منخفض ومقاومته الجيدة للتآكل والكلال [4]، كما يعد من الراتنجات المتصلدة بالحرارة (Thermosetting Resins) التي تكون بشكل سوائل معقدة يتم تحويلها إلى مادة صلبة بطرق فيزيائية وكيميائية إذ يستخدم في تصليدها البولي أمين العضوي ليتم تحويلها إلى راتنج لدن يتصلد بالحرارة، وبعد الايبوكسي (Quick Mast 105) من الراتنجات المهمة في الصناعة لأنه متعدد الاستخدامات وخصوصاً في مجال التغطية والطلاء بسبب متانته ومقاومته للكيميائيات ومطاطيته ومعدل انكماشه المنخفض [3,2]، ويبين الجدول (1) أهم الخصائص التي يتصف بها راتنج الايبوكسي [8,7]. يتم تحويل راتنج الايبوكسي المستخدم نوع (Quick Mast 105) إلى الحالة الصلبة عن طريق إضافة مصلده (Hardener) والمنتج من نفس الشركة المصنعة للراتنج وهو أيضاً يكون بحالة سائلة شفافة إذ تمت الإضافة بنسبة مقداره (1:3) بدرجة حرارة الغرفة.

الأبعاد النهائية باستخدام جهاز التنعيم وبورق تنعيم ذو درجة 2500 بعدها صقلت باستخدام قماش القديفة ومعجون الماس.

عُمرت العينات بالماء المقطر ذو أس هيدروجيني (pH) يساوي 7 في درجة حرارة 25 درجة مئوية داخل وعاء زجاجي ذو غطاء محكم لتجنب دخول الشوائب. وأجريت الاختبارات لأزمان غمر مختلفة وهي (0، 14، 28) يوم ما عدا اختبار امتصاصية الماء فقد أجري عند زمن غمر (0، 1، 2، 3، 4، 5) يوم كما أجري كل اختبار لعينتان عند كل زمن غمر وذلك لضمان الحصول على نتائج دقيقة ولتقليل نسبة الخطأ، ويبين الشكل (1) المخطط الانسيابي لتسلسل خطوات ومراحل الجانب العملي.



الشكل (1) المخطط الانسيابي لتسلسل خطوات ومراحل الجانب العملي

الاختبارات الفيزيائية

امتصاصية الماء

تم إجراء الفحص الفيزيائي المتمثل بالنسبة المئوية لامتصاصية الماء بإتباع قاعدة ارخميدس وفق المعيار العالمي (ASTM D 570 – 98) [9] وباستعمال ميزان كهربائي حساس ذو دقة 0.1 ملغم وفق الخطوات التالية:

1. استخدمت عينة الاختبار في هذا الفحص على شكل قرص ذو قطر 50 ملم وبارتفاع 3 ملم.
2. جففت العينة باستخدام فرن تجفيف كهربائي بدرجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة ساعتين ومن ثم تترك

الجدول (1) أهم خصائص راتنج الايبوكسي المستخدم في البحث [8,7]

Compressive Strength	> 72 MPa @ 7 days
Flexural Strength	> 50 MPa @ 25 °C
Tensile Strength	> 20 MPa
Pot Life	60 min @ 25 °C
Specific Gravity	1.04
Viscosity	3 – 5 poise @ 25 °C
	1 – 2 poise @ 35 °C

المادة المضافة

تم استخدام مطاط البولي يوريثان كمادة مضافة للمادة الأساس وبكثافة (1.14 g/cm^3) والمصنع من قبل شركة الخليج الدولية في الامارات العربية المتحدة والذي يكون أيضاً بهيئة سائل شفاف أصفر اللون في درجة حرارة الغرفة إذ يتحول إلى الحالة الصلبة بإضافة مادة مصلده (Hardener) والذي يكون بهيئة مادة سائلة شفافة أيضاً ونسبة خلط (1:3)، يمتاز مطاط البولي يوريثان بمقاومته للمذيبات العضوية والقلويات والحوامض المخففة كما يوضح الجدول (2) أهم الخصائص التي يتصف بها مطاط البولي يوريثان [4].

الجدول (2) أهم خصائص مطاط البولي يوريثان [4]

Tensile Strength	20 – 45 MPa
Shore A Hardness	50 – 70
Elongation %	400 – 790
Specific Gravity	1.14

تحضير العينات

استخدم قالب مصنوع من الزجاج وبأبعاد cm (1×20×20) لغرض تشكيل العينات المستخدمة في البحث، قبل عملية الخلط والصب تم تنظيف القالب بصورة دقيقة وتركه ليبرد، بعدها استخدم لاصق الفابلون للجزء الداخلي للقالب لضمان سهولة اخراج العينة وعدم التصاقها داخل القالب وكذلك لغرض الحصول على سطح أملس ومنتظم خالي من التعرجات.

تم خلط راتنج الايبوكسي (Quick Mast 105) مع 15% نسبة وزنية من مطاط البولي يوريثان داخل وعاء زجاجي باستخدام خلاط ميكانيكي لضمان التجانس التام بين المادة الأساس والمادة المضافة ولمدة 10 دقائق بعدها تم إضافة كل من مصلد الراتنج ومصلد البولي يوريثان إلى الخليط وخلطها يدوياً لمدة 4 دقائق ومن ثم تم صب الخليط النهائي داخل القالب الزجاجي ببطء شديد لضمان عدم تكون الفقاعات داخل العينة وفشلها، بعدها تركت العينة داخل القالب بعد تغطيتها بإحكام بغطاء زجاجي لمدة 24 ساعة لضمان جفاف وتجانس العينة وكذلك لإكمال عملية البلمرة ومن ثم أخرجت العينة وتم تقطيعها حسب الأبعاد المطلوبة للاختبارات حيث ضبطت

الاختبارات الميكانيكية اختبار الصلادة

يمكن اعتبار مفهوم الصلادة بأنه مقياس للتشوه اللدن الذي تعاني منه المادة تحت تأثير الإجهاد الخارجي [10]. تم إجراء اختبار الصلادة باستخدام جهاز قياس الصلادة السطحية نوع (Shore - D) وفق المعيار العالمي (ASTM D 2240) [13]، باستخدام أداة غرز نقطية وبتغلغل هذه الأداة داخل سطح المادة تحت تأثير حمل معين تنتقل المقاومة مباشرة إلى عداد القياس لتحديد قيمة الصلادة لتظهر مباشرة على شاشة الجهاز. أما العينة المستخدمة في الاختبار فكانت على شكل قرص ذو قطر 40 ملم وارتفاع 6 ملم.

اختبار الصدمة

تم استخدام جهاز الصدمة نوع جاري (Charpy Test Instrument) لحساب مقاومة الصدمة وفق المعيار العالمي (ASTM D 6110 - 04) [14]، وكانت أبعاد العينة المستخدمة في الاختبار بطول 55 ملم وعرض 10 ملم وارتفاع 4 ملم، إذ يعد اختبار الصدمة مهم من الناحية العملية لأن من خلاله يمكن حساب الطاقة الممتصة اللازمة لكسر العينة المستخدمة في البحث (U_c)، حيث تعطى هذه القيمة مباشرة من جهاز الفحص والتي يمكن من خلالها حساب مقاومة الصدمة حسب العلاقة التالية [14]:

$$G_c = \frac{U_c}{A} \quad (4)$$

حيث أن:

G_c : مقاومة الصدمة للمادة (جول/متر مربع)

U_c : الطاقة اللازمة لكسر العينة (جول).

A : مساحة المقطع العرضي للعينة (متر مربع).

اختبار الانحناء

أجري اختبار مقاومة الانحناء وفق المعيار العالمي (ASTM D 790 - 03) [15]، إذ تم تقطيع العينات وفقاً للأبعاد القياسية بطول 96 ملم وعرض 10 ملم وارتفاع 4.8 ملم. تم إجراء اختبار الانحناء ثلاثي النقاط باستخدام ماكينة الاختبارات الجامعة (Universal Testing Machine) وذلك بتسليط الحمل بصورة تدريجية باستخدام الرأس المدبب عند منتصف العينة المثبتة من طرفيها على مرتكزين لحين حصول الفشل فيها، من خلال اختبار الانحناء يمكن إيجاد أقصى مقاومة انحناء (Flexural Strength) والتي تعرف بأنها مقاومة المادة لإجهادات الانحناء الخارجية عند تعرضها لأحمال مركزية مختلفة لحين حصول الكسر فيها، وتقاس مقاومة الانحناء (σ_f) من خلال المعادلة التالية [15]:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (5)$$

حيث أن:

P : القوة عند حدوث الكسر في العينة (نيوتن).

L : طول العينة بين المسندين (المسافة بين المركزين) (متر).

d : سمك العينة (متر).

b : عرض العينة (متر).

لتبرد داخل الفرن، بعدها يتم وزن العينة إذ يسمى هذا الوزن بالوزن الجاف (W_d).
3. بعدها توضع العينة في الماء المقطر لفترات زمنية من (1 - 5) يوم، وبعد إخراجها يتم إزالة الماء السطحي العالق فقط ومن ثم توزن العينة بعد ذلك ويسمى هذا الوزن بالوزن المشبع (W_s).
بعدها يتم حساب النسبة المئوية لامتصاصية الماء حسب المعادلة التالية [9,5]:

$$Weight.Grain = \frac{W_s - W_d}{W_d} \quad (1)$$

الموصلية الحرارية

يمكن تعريف الموصلية الحرارية للمادة بأنها مقياس لقابلية المادة على توصيل الحرارة، ففي المواد العازلة كالمواد البوليمرية فإن الحرارة تنتقل عبرها بآلية مختلفة عما هو عليه في بقية المواد إذ تتم بموجات مرنة (Elastic waves) ناتجة من تذبذب واهتزاز سلاسل الجزيئات عن طريق انتقال هذه الذبذبة إلى الجزيئات المجاورة نتيجة ارتباطها معاً بالأواصر [11,10].

تم حساب الموصلية الحرارية للمادة باستخدام جهاز قرص لي أو ما يعرف بطريقة قرص لي (Lee's Disk Method) وفيه يتم انتقال الحرارة من المسخن (Heater) إلى القرص الذي يليه حتى يصل إلى القرص الأخير. وبالإمكان قياس درجة الحرارة للأقرص الثلاثة (T_A, T_B, T_C) باستخدام المحارير التي في داخلها. بعدها يتم استخراج قيمة معامل التوصيل الحراري (K) لعينة على شكل قرص ذو قطر 40 ملم وارتفاع 5 ملم من المعادلة التالية [12,11,10]:

$$K \left(\frac{T_B - T_A}{d_s} \right) = e \left[T_A + \frac{2}{r} (d_A + \frac{1}{4} \times d_s) T_A + \frac{1}{2r} \times d_s \times T_B \right] \quad (2)$$

حيث أن (e) تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة خلال وحدة مساحة القرص لكل ثانية ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) ويحسب من العلاقة التالية:

$$IV = \pi \times r^2 (T_A - T_B) + 2\pi \times r \times e \left[d_A \times T_A + d_s \times \frac{(T_A + T_B)}{2} + d_B \times T_A + d_C \times T_C \right] \quad (3)$$

حيث أن:

(T_A, T_B, T_C): درجة حرارة القرص (A, B, C) على التوالي ($^\circ C$).

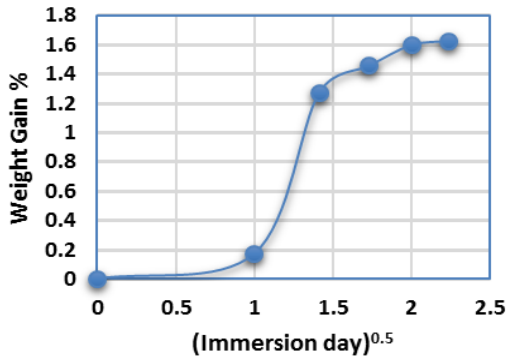
(d): سمك القرص (ملم)

(r): نصف القطر (إل)

(I): التيار المار (أمبير)

(V): الفولتية المجهزة (فولت)

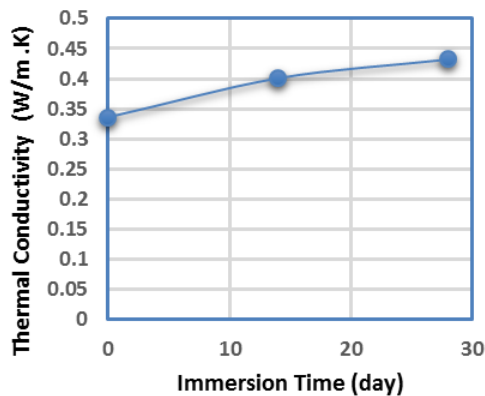
وهذا يعني بأن الماء يزداد بالتغلغل خلال المسامات المفتوحة للسطح الخارجي للخليط مع زيادة الزمن حتى تصل إلى حالة التشبع، وكذلك دخول الماء إلى داخل الخليط يعمل على إضعاف الروابط بين المادة الأساس نفسها وهي الأبيوكسي وكذلك بين المادة الأساس والمادة المضافة المتمثلة بالبولي يوريثان مسببة زيادة في المسامية وهذا يتفق مع النتائج التي توصلت إليها عبد الحسين [5]. أما سبب عدم أخذ قيم لإزمان غمر أكثر من خمسة يوم هو إستقرارية النتائج المستحصلة وتقريباً ثباتها إذ نلاحظ زيادة طفيفة جداً عند زمن (4) و (5) يوم وهو ما يعني امتلاء المسامات المفتوحة وتشبع العينة بالماء.



الشكل (3) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي لزمن الغمر بالماء

الموصلية الحرارية

نلاحظ من خلال الشكل (4) العلاقة بين الموصلية الحرارية وزمن الغمر الذي يبدأ من (0 - 14 - 28) يوم إذ يتبين من خلال الشكل إن الموصلية الحرارية تزداد مع زيادة زمن الغمر ويعود ذلك إلى زيادة تشبع وتغلغل الخليط بالماء وامتلاء المسامات الذي يملك موصلية حرارية تساوي تقريباً (0.5605 - 0.6723) (W/m.K) [20] والذي يعمل على تحويل انتقال الحرارة في المسامات إلى انتقال حرارة مباشر عن طريق الماء وهي أعلى من الموصلية الحرارية للخليط بدل انتقال الحرارة خلال المادة ومن ثم خلال الهواء الذي كان يملأ الفجوات والمسامات.



الشكل (4) العلاقة بين الموصلية الحرارية وزمن الغمر بالماء

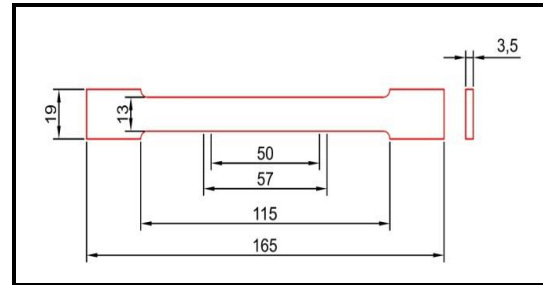
اختبار الشد

لغرض إجراء اختبار الشد تم تقطيع العينات بأبعاد قياسية وفق المعيار العالمي (ASTM D 638 - 03) [16] المبينة في الشكل (2)، تم استخدام ماكينة الاختبارات الجامعة لغرض إجراء الاختبار بسرعة تحميل مقدارها 0.5 ملم/دقيقة ولكافة النماذج. تحتوي ماكينة الاختبار على شاشة عرض تخزين مباشرة أقصى حمل تم تسليطه على العينة قبل حدوث الفشل، وبهذا تم حساب مقاومة الشد الأقصى (σ_U) من خلال المعادلة التالية [17,16]:

$$\sigma_U = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (6)$$

F: أقصى حمل مسلط على العينة (نيوتن)

A: مساحة المقطع العرضي للعينة (مليمتر مربع)



الشكل (2) الأبعاد القياسية لعينات اختبار الشد [16]

اختبار الانضغاط

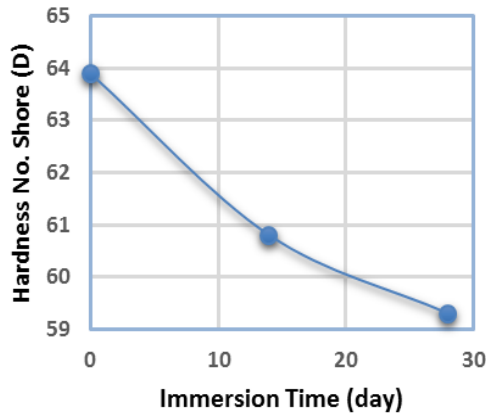
أجري اختبار الانضغاط للعينات باستخدام ماكينة الاختبارات الجامعة بالاعتماد على المعيار العالمي (ASTM D 695-02a) [18]، إذ كانت أبعاد العينات المستخدمة بطول وعرض يساوي 5 ملم وارتفاع 10 ملم. يمكن تعريف مقاومة الانضغاط بأنها أعظم إجهاد تتحمله المادة الجاسئة (Rigid Materials) تحت الضغط العمودي وهذه المقاومة تقاس عن طريق نسبة الحمل المسلط على وحدة المساحة للمقطع العرضي الابتدائي المعرض للحمل [5]. وتسليط الحمل على العينة بسرعة 0.5 ملم/دقيقة تم رسم منحنى (الحمل - استطالة) مباشرة من خلال جهاز الحاسوب المربوط بالماكينة والذي تم تحويله إلى منحنى (الإجهاد - انفعال) وذلك لتحديد متانة العينات المتمثلة بالمساحة تحت المنحنى.

النتائج والمناقشة

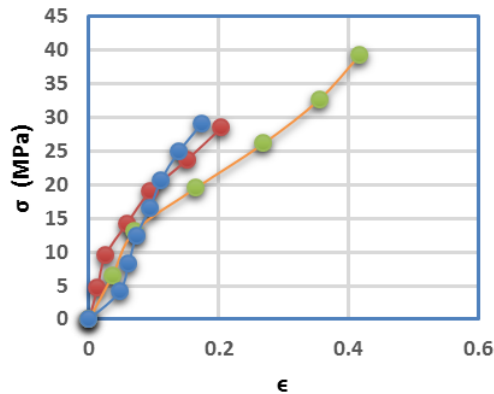
امتصاصية الماء

يبين الشكل (3) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي لزمن الغمر بالماء والذي يبدأ من (0 - 5) يوم حيث إن كتلة الماء الممتص تزداد خطياً مع الجذر التربيعي للزمن بصورة تدريجية وببطء حتى الوصول في النهاية إلى حالة الإشباع والتي عندها سوف تكون كمية الماء الممتصة ثابتة بمرور الزمن [19]. إذ نلاحظ من خلال الشكل بأن النسبة المئوية للامتصاصية تزداد مع زيادة الزمن حتى تبدأ بالاستقرار عند اليوم الرابع والخامس على التوالي حيث تصبح الزيادة طفيفة

وهي ان الماء عند تغلغله داخل الخليط يعمل على اضعاف الترابط بين المادة الأساس نفسها وبين المادة الأساس والمادة المضافة كذلك وهذا يعمل على زيادة المسامية وبذلك تزداد امتصاص المادة للماء فتقل متانة الخليط وينخفض معها معامل المرونة ايضاً وهذا يتفق مع النتائج التي توصلت اليها عبد الحسين [5].



الشكل (6) العلاقة بين الصلادة وزمن الغمر بالماء



الشكل (7) العلاقة بين الاجهاد (Stress) والانفعال (Strain)

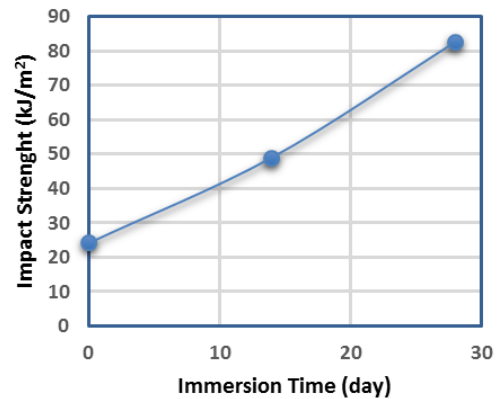
اختبار الشد

يبين الشكل (8) العلاقة بين مقاومة الشد وزمن الغمر لأزمان غمر (0 - 14 - 28) يوم إذ نلاحظ من خلال العلاقة أن مقاومة الشد تزداد بزيادة زمن الغمر ويمكن أن يعزى سبب ذلك الى ذات الأسباب التي أدت الى زيادة مقاومة الصدمة بزيادة زمن الغمر وهي أن زيادة زمن الغمر يعمل على زيادة تشبع الخليط بالماء الذي يعد عاملاً ملدناً للمادة البوليمرية وبالتالي ستصبح المادة عند تعرضها للماء أكثر لدونة ومرونة عند مقارنتها مع مثيلاتها من العينات الجافة، فجزئيات الماء الداخلة إلى المادة سوف تحتل مواقع بين السلاسل البوليمرية وبالتالي تعمل كمادة مزيتة لها وبذلك تكون أكثر مرونة، ومن ناحية أخرى فان الماء بسبب استرخاء الأواصر وقوى الترابط الجزيئية للمادة الأساس والمادة المضافة مما يعطي خاصية امتصاص مقدار اكبر من الطاقة في سلوك لدن وبالتالي

اختبار الصدمة

يعتمد أساس عمل اختبار مقاومة الصدمة على امتصاص الطاقة الحركية الأولية الموجودة في المطرقة من قبل عينة الاختبار قبل حدوث الكسر كما إن كمية الطاقة الممتصة تعتمد على المكونات الداخلية المصنوع منها الخليط وكذلك على مقاومة العينة للإجهادات الخارجية المسلطة لذلك فإن اختبار الصدمة قد حظي باهتمام عالي من قبل الباحثين وخصوصاً في مجال الخلطات البوليمرية لم لها من تطبيقات واسعة جداً تتطلب هذا الاختبار.

يوضح الشكل (5) العلاقة بين مقاومة الصدمة وزمن الغمر ابتداءً من (0 - 14 - 28) يوم ومن خلال الشكل يتبين بأن مقاومة الصدمة تزداد بصورة واضحة وخطية تقريباً مع زيادة زمن الغمر ويمكن أن يعزى سبب هذه الزيادة الى تغلغل الماء الى داخل الخليط وزيادة تشبع العينة مما يؤدي الى ليونة عالية مسببة زيادة في الطاقة الممتصة لحصول عملية الكسر أعلى مما هي عليه بدون غمر وهذا يتفق مع النتائج التي توصل لها مكي [4].



الشكل (5) العلاقة بين مقاومة الصدمة وزمن الغمر بالماء

اختبار الصلادة

نلاحظ من خلال الشكل (6) ملخص العلاقة بين صلادة الخليط وزمن الغمر بين (0 - 14 - 28) يوم إذ يتبين من خلال الشكل انخفاض واضح لقيم الصلادة بزيادة زمن الغمر ويمكن أن يعود سبب ذلك الى تشبع العينة بالماء وامتلاء المسامات مما يؤدي الى تغلغل وتركيز الماء الى الاسطح البينية أي مناطق الترابط والتماس بين جزئيات المادة الأساس نفسه وهو الايبوكسي وكذلك الى مناطق الترابط بين الايبوكسي والمادة المضافة المتمثلة بالبولي يوريثان مما يؤدي إلى ارتفاع الليونة وبالتالي انخفاض قيم الصلادة وهذا يتفق مع النتائج التي توصلت اليها عبد الحسين [5].

اختبار الانضغاطية

يوضح الشكل (7) العلاقة بين الإجهاد المسلط (Stress) والانفعال الناتج (Strain) لاختبار الانضغاط لأزمان غمر (0 - 14 - 28) يوم إذ تبين العلاقة بأن متانة الخليط تكون أعلى عندما يكون الخليط جاف ويبدأ بالانخفاض كلما طال زمن الغمر وكذلك نلاحظ بأن أعلى قيمة لمعامل المرونة (Modulus of Elasticity) هي للخليط الجاف بدون غمر ويمكن تفسير ذلك الى ذات الأسباب التي أدت الى خفض الصلادة بزيادة زمن الغمر

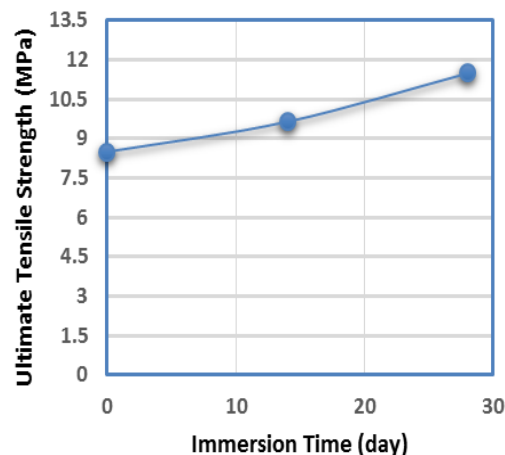
الاستنتاجات

- 1- أظهرت النتائج بأن غمر الخليط البوليمري من (راتنج الايبوكسي - 15% مطاط بولي يوريثان) بالماء المقطر يؤثر في جميع الخصائص الفيزيائية والميكانيكية نتيجة لتغلغل الماء داخل المادة الأساس والسطوح البينية بين المادة الأساس والمادة المضافة.
- 2- تزداد كمية الماء الممتص من قبل جميع العينات خطياً في بداية غمرها ومن ثم تكون العلاقة منحنية حتى تصل في النهاية إلى حالة الإشباع عند اليوم الخامس.
- 3- تزداد مقاومة الصدمة ومقاومة الشد بنسبة 241.67% و 37.65% على التوالي عند زيادة زمن غمر الخليط بالماء من (0 - 28) يوم.
- 4- ترتفع الموصلية الحرارية للخليط بزيادة زمن الغمر بنسبة 29.5%.
- 5- أظهر منحنى الإجهاد - انفعال لاختبار الانضغاطية بأن متانة الخليط الجاف أعلى من متانة الخليط المغمور بالماء.
- 6- تزداد مقاومة الانحناء بنسبة 125% بزيادة زمن الغمر حتى تصل إلى زمن 14 يوم ومن ثم تنخفض بعد ذلك.

المصادر

- 1- Al-Rawi KhR, Yosif RH, Najem TS. Mechanical properties of epoxy-polyurethane polymer blends. Um-Salama Science Journal. 3(4); 2006: 637-642.
- 2- الراوي، خالد رشاد و سلمان، رفقة عامر، دراسة بعض الخصائص الميكانيكية لمركب Epoxy - MgO، مجلة جامعة النهرين للعلوم، المجلد 17، العدد 1؛ 2014: 10-14.
- 3- الراوي، خالد رشاد، جعفر، حارث إبراهيم، عبدالله، هند وليد، دراسة خاصية الكلال لمركبات الايبوكسي المدعمة بألياف الكفلر زجاج، مجلة ديالى للعلوم الصرفة، المجلد 8، العدد 3؛ 2012: 120 - 132.
- 4- مكي، سمير عطا، احمد، عدي حميد، عبدالله، مصطفى زيد، غني، بسمة علي، دراسة تأثير التدعيم ودرجة الحرارة في مقاومة الصدمة لخليط بوليمري، مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد 25، العدد 3؛ 2012: 169-178.
- 5- عبد الحسين، هدى جبار، تأثير الغمر في المحاليل الكيميائية على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمركبات بوليمرية مدعمة بدقائق نانو الومينا، المجلة العراقية للعلوم، المجلد 56، العدد 3؛ 2015: 1952 - 1963.
- 6- Jawad MK. Investigation of the compression and dielectric strength properties for epoxy blends reinforced With glass fibers. Journal of Al-Nahrain University. 16(2); 2013;110-114.
- 7- Fadhil BM and Ahmed PS. Improving mechanical properties of epoxy by adding multi-wall carbon nanotube. Journal of Theoretical and Applied Mechanics. 54(2); 2016: 551-560.

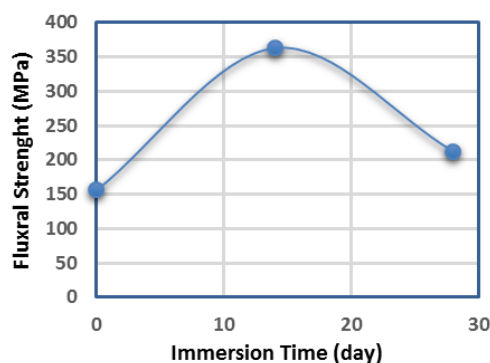
رفع قيمة مقاومة الشد للعينات المغمورة بالماء، كما إن الماء سوف يعمل على توزيع الاجهاد المسلط على حجم أكبر ويعمل على تقليل احتمالية تركيز الاجهادات في مناطق معينة وبذلك سوف يعمل على تخزين اغلب طاقة الانفعال المرن للمادة.



الشكل (8) العلاقة بين مقاومة الشد وزمن الغمر بالماء

اختبار الانحناء

يبين الشكل (9) العلاقة بين مقاومة الانحناء وزمن الغمر لأزمان (0 - 14 - 28) يوم إذ نلاحظ من خلال الشكل ان أعلى مقاومة انحناء للخليط هي عند زمن غمر 14 يوم بينما أقل مقاومة انحناء هي للخليط الجاف ويمكن أن يعزى سبب ذلك إلى ذات الأسباب التي أدت إلى زيادة مقاومة الشد ومقاومة الصدمة وهي زيادة تغلغل وتشبع المسامات المفتوحة بالماء مسببة زيادة ليونة المادة وارتفاع مقاومة الانحناء ولكن سبب انخفاض مقاومة الانحناء عند زمن غمر 28 يوم فقد يعود إلى تحلل بعض الروابط بين المادة الأساس والمادة المضافة مسببة فشل العينة لأن اختبار الانحناء يعد من الاختبارات المعقدة لأنه يحتوي على أكثر من نوع من الاجهادات المسلطة وهي اجهاد الشد في الطبقات السفلى للمقطع واجهاد انضغاطي في الطبقات العليا للمقطع وفي بعض الأحيان تتغلب احدهما على الأخرى مسببة فشل الخليط بصورة كلية وهذا يتفق مع النتائج التي توصل إليها الراوي وسلمان [2].



الشكل (9) العلاقة بين مقاومة الانحناء وزمن الغمر بالماء

- method for determining the charpy impact resistance of notched specimens of plastics; 2009.
- 15- American Society for Testing and Materials, ASTM D 790-03, Standard test method for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials; 2009.
 - 16- American Society for Testing and Materials, ASTM D 638-03, Standard test method for tensile properties of plastics; 2009.
 - 17- Salman KD, Noori S. Abd alamer A, Mahmmod LH. Studying the mechanical properties of unsaturated polyesters-B₄C system. 14(1); 2014.
 - 18- American Society for Testing and Materials, ASTM D 695-02a, Standard test method for compressive properties of rigid plastics; 2009.
 - 19- حمد، محمد غازي، تأثير الماء على مقاومة الصدمة لمترابكات البولي استر غير المشبع المدعم بالألياف الزجاجية، مجلة الانبار للعلوم الهندسية، المجلد 5، العدد 2: 2012: 279 – 294.
 - 20- Ramires ML, Nieto de Castro VCA. Standard reference for the thermal conductivity of water. American Institute of Physics and American Chemical Society; 1995:1377–1381.
 - 8- Hammood AS, Al-Waily M, Kamaz AA. Effect of fiber orientation on fatigue of glass-fiber reinforcement epoxy composite material. The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering. 11(2); 2011: 344–358.
 - 9- American Society for Testing and Materials, ASTM D 570 – 98, Standard test method for water absorption of plastics; 2009.
 - 10- صاحب، مزهر علي، دراسة تأثير اختلاف درجة الحرارة على بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية لمترابك من البولي اثيلين عالي الكثافة المدعم بألياف الزجاج، مجلة جامعة النهرين للعلوم، المجلد 15، العدد 3: 2012: 11–21.
 - 11- Alfalahi AH, Khalef EZ. Effect of chemical solutions on physical properties of (epoxy/Al₂O₃) composites. IOSR Journal of Engineering. 05(04); 2015: 42 –46.
 - 12- American Society for Testing and Materials, ASTM D 5930-01, Standard test method for thermal conductivity of plastics by means of a transient line-Source Technique; 2009.
 - 13- American Society for Testing and Materials, ASTM D 2240-00, Standard test method for rubber property-Durometer Hardness; 2009.
 - 14- American Society for Testing and Materials. ASTM D 6110-04, Standard test